УДК 530.12, 530.16, 515.14, 537.8

Николенко А. Д.

О ПРИЧИНАХ И ОСОБЕННОСТЯХ ТЕЧЕНИЯ ВРЕМЕНИ В ПСЕВДОЕВКЛИДОВЫХ ПРОСТРАНСТВАХ

Институт исследований природы времени
e-mail: alniko@ukr.net

Рассматриваются теоретические основы темпорологии, связанные с обоснованием причин возникновения феномена течения времени. Исследуются особенности течения времени в плоских псевдоевклидовых пространствах. Показана связь предложенного подхода с проблемой барионной асимметрии Вселенной. Обосновывается возможность существования в рамках предложенной модели невидимых гравитирующих объектов, которые могут интерпретироваться как сгустки «темной материи».

Ключевые слова: темпорология; течение времени; барионная асимметрия вселенной; темная материя.

Горит душа моя понять эту запутаннейшую загадку. Не скрывай от меня, Господи, Боже мой, Отец мой, умоляю Тебя ради Христа, не скрывай от меня разгадки; дай проникнуть в это явление, сокровенное и обычное, и освятить его при свете милосердия Твоего, Господи…
"Определил Ты дни мои стариться", и они проходят, а как, я не знаю. Это яснее ясного, обычнее обычного, и это же так темно, что понять это – открытие…
Я хочу узнать природу и сущность времени!

Аврелий Августин, "Исповедь", V век.

Содержание

1. Введение

Феномен течения времени бесспорно существует в природе и имеет фундаментальный характер, и хотя проблеме времени посвящено большое количество работ – см. например [1-9], сколько-нибудь убедительной теории этого явления до сих пор нет. В данной работе предпринимается попытка найти подход к изучению феномена течения времени и причин его возникновения. При этом будем исходить из следующих принципов:

- положения специальной теории относительности (далее STR) имеют надежное экспериментальное подтверждение и могут служить основной теоретической базой для изучения феномена течения времени;
- использование геометрического подхода при изучении основных особенностей феномена времени. Это является необходимостью, так как при определении данного явления, чтобы не попасть в порочный круг, мы не можем опираться на физические понятия и величины, которые сами связаны с течением времени, в том числе их первые и вторые производные. А с ними связана практически вся физика, поэтому мы и вынуждены уходить в геометрию.

Главной задачей данной работы является упорядочение и анализ результатов и следствий STR, связанных с особенностями и свойствами временного измерения, его влиянии на поведение материальных частиц. Кроме того, постараемся ответить на следующие вопросы:

- что является причиной течения времени и связан ли этот феномен со свойствами геометрии пространства;
- почему именно в псевдоевклидовых пространствах возникают условия для течения времени, порождающие видимую Вселенную, и почему таких условий нет в собственно евклидовых пространствах;
- в каких именно областях псевдоевклидовых пространств возникает течение времени, а в каких областях течение времени невозможно;
- сколько направлений течения времени (“стрел времени”) имеется в псевдоевклидовых пространствах, и как их число зависит от размерности пространства;
- возможны ли трансвременные взаимодействия частиц, а также ряд других вопросов, связанных с феноменом течением времени. Важной частью доклада будет рассмотрение вопросов, связанных с экспериментальными и наблюдательными подтверждениями теории и ее космологических следствий.

1.1. Общие физические представления о времени

Более двух тысяч лет не прекращаются попытки определить, что же такое “время”. Появлялись самые разные определения, от "время – это мера движения" до не менее продуктивного "время – это то, что течет, но его нельзя выпить". Неопределенность представлений о времени привела к более чем двухтысячелетнему спору, что первично - время или движение, и может ли время течь там, где нет движения в пространстве. С физической точки зрения (Галлилей-Ньютон), предполагалось, что в любых двух произвольно выбранных системах отсчета K и K' время течет одинаково: $\Delta t \equiv \Delta t'$. Т.е. время в этом представлении рассматривалось как инвариант и представляло собой некий скаляр.

Появление STR привело к революционному прорыву в представлениях о времени [10, 11]. Ее основные и бесспорные результаты:

1. Время имеет характер измерения в пространственно-временном континууме, и соответственно должно быть представлено в любой 4-х мерной системе отсчета координатной осью, встроенной в эту систему на основе псевдоевклидовой метрики. Т.о. декларировалось единство пространства и времени.
2. Каждая материальная частица в своем движении описывает траекторию, имеющую вид 4-х мерной кривой в пространстве-времени (мировую линию). Следовательно, движение частицы по этой кривой имеет соответствующую временную компоненту такого движения. Данное движение частицы вдоль временного измерения может быть интерпретировано как течение времени для этой частицы.
3. Одновременность представляет собой относительное понятие. Это явилось прямой расплатой за отказ от инвариантности времени и придания времени статуса нового измерения с образованием пространственно-временного континуума.
4. Темп течения времени в разных системах отсчета может быть различным, и эта разница связана с их относительным пространственным движением.
5. Существуют объекты (частицы), течение времени для которых полностью остановлено, т.е. для них $\Delta t \equiv 0$. Такими частицами являются, в частности, γ-кванты. Этот результат нанес первый сокрушительный удар по общепринятым представлениям, что время течет всегда и везде.
6. Поступательно движущееся тело испытывает сокращение линейных размеров в направлении движения (сокращение Лоренца-Фицджеральда).
7. Пространственно-временной интервал между любыми двумя событиями является инвариантом.

Вместе с тем утверждение о единстве пространства и времени столкнулось с серьезной проблемой – ненаблюдаемостью времени. Пространственная протяженность дана нам в виде наблюдаемых пространственных форм физических объектов, тогда как временное измерение не дано нам подобным образом в ощущениях, т.е. не связано с наблюдаемой формой таких объектов. Это породило широко распространенное мнение, что четвертое (временное) измерение, несмотря на его фундаментальность, всего лишь удобная математическая абстракция, не имеющая ничего общего с реальностью [12]. Другими словами, возникло противоречие между явной четырехмерностью преобразований Лоренца и трехмерностью наблюдаемых объектов и взаимодействий между ними.

И осталась самая большая загадка времени – почему у любой частицы с ненулевой массой покоя непрерывно меняется координата времени, причем всегда только в одном и том же направлении.

1.2. Основные концепции реальности

1. *Мир с пространственно-временной реальностью.* В соответствии с этой концепцией реальный мир является четырехмерным, одним из измерений которого является время (пространственно-временной континуум). В рамках этого представления частицы испытывают реальное движение по их мировым линиям не только в пространстве, но и во времени.

Пожалуй, наибольшее распространение идея о четырехмерности мира получила в 1895 году, когда был опубликован первый научно-фантастический рассказ Герберта Уэллса «Машина времени». В этом рассказе используется представление о четырехмерном мире, одно из измерений которого – время. Отмечалось, что Время – это только особый вид Пространства. При этом отмечалось, что единственным отличием временного измерения от пространственных заключается в том, что «наше сознание движется по нему», т.е. испытывает течение времени. И шла речь об особой Геометрии четырех измерений, включающих время [13]. Рассказ имел огромный успех. Можно не сомневаться, что его читал и юный Эйнштейн (которому тогда было 16 лет), Пуанкаре (41 год), и молодой геометр Минковский (31 год), спустя 13 лет действительно построивший ту самую геометрию, о которой писал Уэллс в своем знаменитом рассказе.

Как физическую теорию наиболее ярко эту концепцию в 1908 году сформулировал Герман Минковский в своем знаменитом выступлении: «*Отныне понятия пространства самого по себе и времени самого по себе осуждены на отмирание и превращение в бледные тени, и только своего рода объединение этих двух понятий сохранит независимую реальность*» [14]. Основанием для такого утверждения послужила четырехмерность преобразований Лоренца, лежащих в основе STR.

Слабой стороной этой концепции является то, что временная протяженность не дана нам в ощущениях, в отличие от пространственных. В связи с этим она выходит за рамки наших обычных представлений (здравого смысла) о реальности.

2. *Мир с пространственной реальностью*. В соответствии с этой концепцией реальный мир является трехмерным пространством, в котором некоторым образом вводится время (например, путем размещения часов в трехмерной пространственной системе координат). В рамках этого представления частицы испытывают реальное движение только по их траекториям в трехмерном пространстве. Такой подход лучше соответствует миру, данному нам в ощущениях, и получил большое распространение в физической литературе [2, 11]. Он соответствует реляционной теории времени. Эта теория отрицает реальность самого времени. Вместо него вводится понятие длительности различных физических процессов, с помощью которых характеризуется изменчивость ситуации.

Для того, чтобы примирить эту концепцию с STR, предполагается, что четырехмерность преобразований Лоренца лишь отражает некоторые закономерности, связывающие пространственные координаты и время, и не предполагает реальность самого четырехмерного пространства-времени [12]. Часто в оправдание такого подхода ссылаются на многомерные пространства состояний, которые являются виртуальным объектом (моделью) и адекватно описывают развитие процессов, протекающих в реальных трехмерных объектах.

Однако такое обоснование представляется сомнительным. Естественно говорить, что целостные объекты должны быть одной природы: либо виртуальной (пространство состояний объекта), либо реальной (сам физический объект). Трудно представить физический объект, однородные части которого является частично витуальными, а частично – реальными. В данном же случае три пространственных измерения считаются реальными, а четвертое – виртуальным.

Интересно отметить, что в знаменитую книгу Коперника «Об обращении небесных сфер» было добавлено (судя по всему, без ведома автора) предисловие богослова и математика Оссиандера. Смысл примечания заключался в том, что теория Коперника удобна для вычислений, но никакого отношения к реальному миру она не имеет [15].

Удивительно, но ситуация по сути дела повторяется с Минковским. Сам он считал свою концепцию единого пространства-времени реальностью, но в то же время во многих современных учебниках отмечается, что его построения удобны для расчетов, но к реальности отношения не имеют.

3. *Иные концепции*. Следует отметить субстанциональные теории времени, которые рассматривают течение времени как поток некоторой временной субстанции (в частности теория Николая Александровича Козырева – «Причинная механика») [16]. Однако никаких убедительных теоретических или экспериментальных данных в пользу таких теорий не имеется. Кроме того, существует ряд течений, в том числе в философии, которые пытаются по-разному осмыслить природу времени. В частности, этернализм представляет собой философский подход к онтологической природе времени. Эта теория описывает пространство-время как статический, неизменный блок, в котором нет течения времени («блок-время», или же «блок-Вселенная»). Полагается, что будущие события уже существуют, и, таким образом, объективно течение времени отсутствует. Другое направление в этернализме допускает возможность случайных изме-

нений. Это приводит к идее о мультивселенной и эвереттовской идее множественности миров. Все концепции такого рода не привели к созданию сколько-нибудь убедительной теории времени и исчерпывающему описанию феномена течения времени, в том числе причин возникновения этого феномена. В связи с этим они в данной работе не рассматриваются.

1.3. Исходные положения, используемые для изучения феномена течения времени

Примененный в данной работе подход к изучению этого феномена основывается на следующих исходных идеях.

1. Поскольку течение времени происходит практически для всех тел одинаково, независимо от их индивидуальных свойств, то есть основания полагать, что проявление феномена течения времени связано не с самим телом, а с особенностями геометрии пространства-времени, в котором это тело размещено. Наглядно это можно отразить следующим образом. Пространство-время с гравитацией обычно иллюстрируют изображениями натянутой мембраны, в которой гравитирующие тела продавливают воронки (рис. 1*a*). Тогда собственно евклидово изотропное пространство можно представить в виде натянутой плоской мембраны, по которой беспорядочно движутся частицы (рис.1*b*). А вот псевдоевклидово анизотропное пространство можно представить в виде такой же плоской мембраны, но имеющей наклон (рис. 1*c*). В этом случае все движущиеся по такой мембране частицы начинают скатываться в одном направлении – что и представляет собой аналог возникновения течения времени.

2. Хотя гравитация существенно влияет на ход времени вплоть до его остановки, как показано в рамках общей теории относительности (GTR), само возникновение феномена течения времени с гравитацией не связано. Муху можно легко прихлопнуть, но оживить – это совсем другое дело. Бесспорным является факт течения времени в областях, в которых отсутствует (или скомпенсирована) гравитация (в частности в космических станциях в условиях невесомости). В связи с этим можно предположить, что для изучения причин, порождающих феномен течения времени, достаточно опираться на специальную теорию относительности. Это позволяет значительно упростить изучаемую проблему.

3. Третьей идеей является способ, с помощью которого можно определить, какой именно вид реальности реализован в нашем мире. Без определения вида реальности невозможно понять феномен течения времени.

Для того, чтобы сделать выбор между миром с пространственной реальностью и миром с пространственно-временной реальностью, нужно выделить ключевой признак, отличающий одно представление от другого. Такими признаками являются характеристики движения частиц в таких мирах.

В пространственной реальности частица движется по пространственной траектории и в связи с этим обладает соответствующими кинематическими и динамическими свойствами движения в трехмерном пространстве.

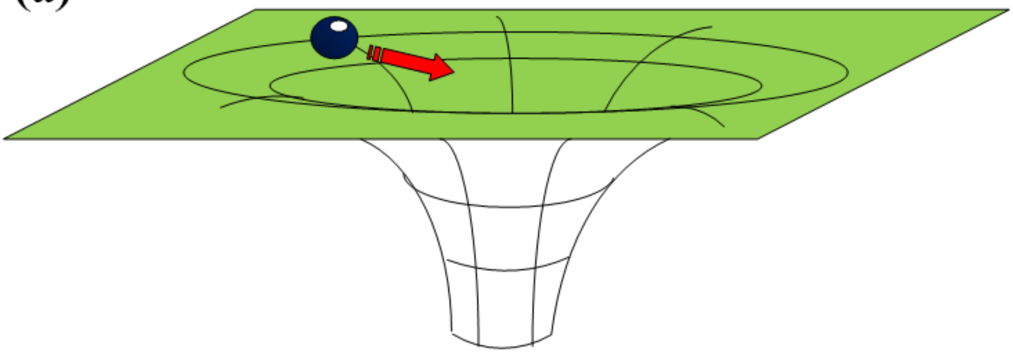
В пространственно-временной реальности частица движется по четырехмерной мировой линии, в результате чего добавляется временная (внепространственная) компонента движения, что неизбежно влечет за собой соответствующие изменения кинематических и динамических параметров движения.

Следовательно, если будет обнаружено проявление внепространственных динамических (и кинематических) свойств движения частиц (внепространственной, или темпоральной механики), то можно сделать обоснованный выбор в пользу концепции мира с пространственно-временной реальностью, в противном случае истинной можно считать концепцию мира с пространственной реальностью.

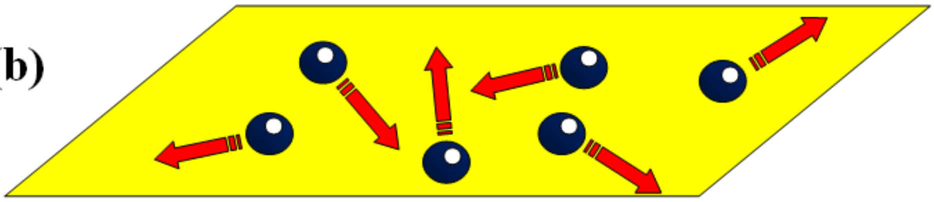
Удобно начать исследование с представления о мире с пространственно-временной реальностью, которое будем считать базовым для дальнейшего исследования. Важной частью исследования будет поиск внепространственной динамики в движении физических тел, которую можно было бы идентифицировать как проявление реального физического движения тел во временном измерении [17], и обнаружение таких проявлений в экспериментальных и наблюдательных данных. В целом для того, чтобы принять концепцию мира с пространственно-временной реальностью, нам неизбежно придется дать убедительные ответы на следующие вопросы:

1. *Почему в современных физических теориях нет явного проявления динамических и кинематических свойства внепространственного движения.*
2. *Почему временная протяженность ненаблюдаема, подобно тому, как мы можем наблюдать пространственно удаленные объекты.*
3. *Почему мы не можем свободно перемещаться во временном измерении подобно тому, как мы можем перемещаться в пространстве.*
4. *Почему нас окружают только трехмерные объекты, не имеющие временной протяженности.*
5. *Почему при столкновениях частиц отсутствует временные компоненты их движения.*
6. *Если пространство-время четырехмерно, то почему взаимодействия не распространяются во временном измерении (в частности дистанционные силовые взаимодействия удаленных объектов осуществляются в ряде случаев по закону обратных квадратов расстояний между ними, что соответствует трехмерному пространству).*

(a)



(b)



(c)

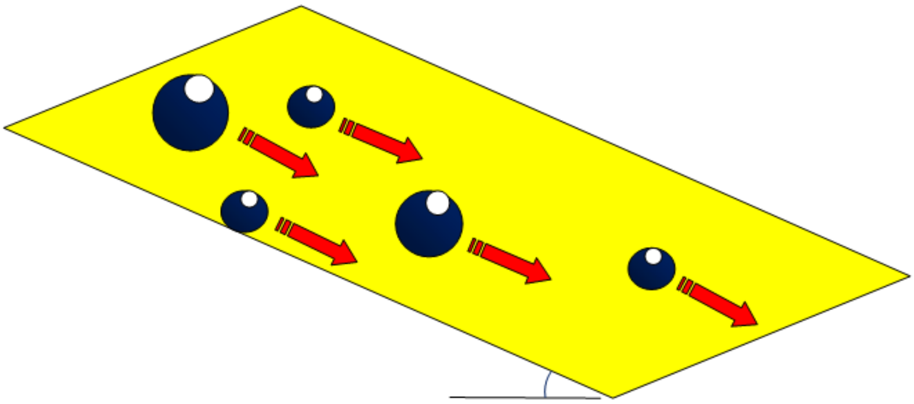


Рис.1. Аналогии: (**a**) – пространство с кривизной (гравитацией), (b) – изотропное собственно евклидово пространство, (**c**) – анизотропное псевдоевклидово пространство. Кривизна пространства порождает движение в направлении гравитационной воронки, анизотропия пространства порождает движение в анизотропном направлении.

1.4. Две основные составляющие понятия времени

STR прочно увязала понятие времени с геометрией пространственно-временного континуума. Однако понятие времени таким подходом не исчерпывается. Основываясь на представлении мира с пространственно-временной реальностью, можно утверждать следующее.

Понятие времени имеет две основных составляющих:

- время как одно из измерений t континуума, представленное в системе координат соответствующей координатной осью;
- течение времени dt как особый фундаментальный вид движения, происходящего в этом измерении.

Первая составляющая исчерпывающе описана в рамках специальной теории относительности, а вторая - феномен непосредственно течения времени, остается во многом загадкой. Именно на ее изучение направлена настоящая работа.

Определение 1-1. *Под* ***течением времени*** *в некоторой области пространства будем понимать явление, заключающееся в том, что в данной области в любой системе отсчета любому значению временной координаты t частицы всегда соответствует ненулевое значение ее приращения dt, и в этой области определено инвариантное отношение следования между событиями с одной и той же частицей.*

Определение 1-2. *Под* ***стрелой времени*** *будем понимать направление в области пространства, в пределах которого формируется инвариантное отношение следования, и которое определяется этим отношением.*

Стрела времени не является вектором. Она определяет общее направление течения времени в довольно широком диапазоне в пределах соответствующей области пространства, на котором определено инвариантное отношение следования. Соответственно, там, где не возникает инвариантность отношения следования, стрела времени не формируется и течение времени невозможно.

1.5. 1.5. Основные понятия, определения, обозначения

Поскольку исследуемый феномен носит фундаментальный характер, необходимо более детально определить ряд первичных понятий.

Пространства. Физическое пространство может быть представлено n-мерным гладким многообразием - пространством событий R^n, геометрия которого задается с помощью фундаментальной метрической формы вида:

$$\sum_{i,j=0}^{n-1} g_{ij}\mathrm{d}x^i\mathrm{d}x^j. \qquad (1\text{-}1)$$

Здесь g_{ij} – компоненты (коэффициенты) соответствующего невырожденного метрического тензора T.

На пространстве R^n могут быть заданы системы отсчета (системы координат) K^p, $p \le n$. В числе множества систем координат, которые можно задать на исследуемом пространстве, будем выделять лабораторную систему координат K^p с размещенным в ней наблюдателем N, и дополнительную (штрихованную) систему координат K'^p с наблюдателем N'. Как будет показано далее, не во всякой системе координат можно разместить наблюдателя.

Определение 1-3. *Под* ***плоским*** *пространством R^n размерности n (или подпространством R^p размерности p) будем понимать пространство (подпространство), в котором для любой системе отсчета K^p выполняется соотношение:*

$$g_{ij} = 0 \text{ для всех } i \ne j,\ i,j = 0,1,2,\ldots p,\quad p \le n. \qquad (1\text{-}2)$$

Определение 1-4. *Под* ***однородным*** *пространством R^n (или подпространством R^p) будем понимать пространство (или подпространство), в котором для любой произвольно выбранной пары систем отсчета K^p и K'^p для одноименных метрических коэффициентов в этих системах выполняется соотношение:*

$$g_{ij} = g_{ij}',\ i,j = 0,1,2,\ldots p,\ p \le n. \qquad (1\text{-}3)$$

Далее будут рассматриваться только плоские однородные пространства, что подразумевается по умолчанию.

***Определение 1-5**. Под **изотропным** пространством R^n (или подпространством R^p) будем понимать пространство (или подпространство), в котором в выражении фундаментальной метрической формы (1-1) все метрические коэффициенты равны между собой:*

$$g_{ij} = g_{kl}, \quad i,j,k,l = 0,1,2,\ldots p, \quad p \le n. \tag{1-4}$$

В противном случае пространство будем считать **анизотропным**, а координатные оси, на которых нарушается соотношение (1-4) – осями анизотропии**.**

Неотъемлемой частью пространства являются объекты, существование которых позволяет ввести в пространство некоторое мероопределение. Для упрощения ограничимся погружением в пространство некоторого множества точечных *частиц*, которые далее будем обозначать греческими символами α, ξ, ζ и т.д. Одной из основных задач исследования является изучение влияния геометрии плоского пространства на поведение этих частиц.

***Определение 1-6.** Под **событием** $C(\alpha)(x^0,x^1,x^2,x^3,\ldots x^p)$ будем понимать точечное событие, заключающееся нахождении некоторой частицы α в соответствующей точке $A(x^0,x^1,x^2,x^3,\ldots x^p)$, $p \le n$ пространства R^n.*

Другими словами, событием является локализация частицы в определенной точке пространства. Основным свойством события C является то, что оно соответствует *одной и только одной точке* в системе координат K^p, в котором оно определяется, и, таким образом, его координаты $C(x^0,x^1,x^2,x^3,\ldots x^p)$ всегда остаются неизменными. Т.е. событие C всегда *стационарно* в своей системе отсчета.

В отличие от события C частица α, имеющая точечные размеры, может быть локализована в *некотором множестве* точек пространства. Следовательно, можно выделить множество событий C_1, C_2, $C_{3\ldots}$, связанных с нахождением данной частицы в соответствующих точках пространства.

***Определение 1-7**. Будем говорить, что на пространстве R^n (или подпространстве R^p) задан **интервал** ΔS между двумя событиями в некоторой системе координат K^p, если определено соотношение:*

$$\Delta S^2 = \sum_{i,j=0}^{p-1} g_{ij}\, \Delta x^i \Delta x^j, \quad p \le n. \tag{1-5}$$

Для плоского однородного пространства формула (1-5) примет вид:

$$\Delta S^2 = \sum_{i=0}^{p-1} g_i\, (\Delta x^i)^2, \quad p \le n. \tag{1-6}$$

Длина интервала определяется по геодезической линии (прямой в плоском пространстве), соединяющей события C_1 и C_2, которые ограничивают этот интервал с обоих сторон. Для интервала можно установить его размерность следующим образом: интервал ΔS_m задан в размерности m, которая равна максимальному числу ненулевых членов Δx^i в выражении (1-6). Очевидно, что $m \le p \le n$. Размерность интервала зависит от выбора системы отсчета K^p, на котором задано выражение (1-6). Если для любой произвольно выбранной пары систем отсчета K^p и K'^p на пространстве R^n (или подпространстве R^p) выполняются соотношения:

$$\Delta S^2 = \Delta S'^2; \quad \sum_{i,j=0}^{p-1} g_{ij}\Delta x^i \Delta x^j = \sum_{i,j=0}^{p-1} g'_{ij}\Delta x'^i \Delta x'^j, \quad p \le n \tag{1-7}$$

то будем говорить об инвариантности интервала Δs.

Определение 1-8. *Будем говорить, что на пространстве R^n (или подпространстве R^p) задана **метрика** dS, если определено выражение:*

$$dS^2 = \sum_{i,j=0}^{p-1} g_{ij}\, dx^i dx^j, \quad p \le n. \tag{1-8}$$

В правой части этой формулы находится выражение фундаментальной метрической формы (1-1). Величина dS может быть задана в определенной размерности. В рамках геометрии с римановой метрикой полагается, что дифференциал длины дуги, рассматриваемый в разных системах отсчета, должен оставаться одинаковым. Отсюда аксиоматически следует требование инвариантности римановой метрики на однородном пространстве R^n.

Рассмотрим наиболее важные для данного исследования виды метрических пространств.

Евклидово пространство — конечномерное вещественное плоское однородное пространство. Метрика евклидова пространства R^n имеет вид:

$$dS^2 = \sum_{i=0}^{n-1} g_i(dx^i)^2. \tag{1-9}$$

В евклидовых пространствах выделяются *собственно евклидовы* пространства R^3 или $R^n_{(n)}$, характеризующиеся тем, что в них g_i входит со знаком плюс, т.е. для них $g_i > 0$, $i = 0,1,2,\ldots n-1$, и $dS^2 > 0$. Другими словами, метрика собственно евклидова пространства является положительно определенной. Сигнатура трехмерного собственно евклидова пространства: (+++). Наибольший практический интерес представляют трехмерные изотропные однородные собственно евклидовы пространства, метрика которых может быть представлена в виде:

$$dS^2 = \sum_{i=1}^{3} (dx^i)^2. \tag{1-10}$$

Другим важным классом евклидовых пространств являются *псевдоевклидовы пространства* $R^n_{(q,r)}$ - конечномерные вещественные плоские пространства с индефинитной метрикой. Их метрика отличается от собственно евклидовой метрики только тем, что метрические коэффициенты g_i входит в выражение метрики со знаком плюс при $i = 0,1,2,\ldots q-1$; и со знаком минус при $i = q,q+1,\ldots q+(r-1)$; $q+r = n$. Сигнатура такого пространства записывается в виде (q,r). Псевдоевклидово пространство сигнатуры (q,r) эквивалентно псевдоевклидовому пространству сигнатуры (r,q), поэтому в дальнейшем можно ограничиться сигнатурой (q,r). Псевдоевклидовы пространства являются анизотропными в смысле определения 1-5.

Наибольший интерес для дальнейшего исследования представляет класс n-мерных псевдоевклидовых пространств вида $R^n_{(1,n-1)}$. Такое пространство кроме измерений с отрицательными метрическими коэффициентами g_i имеет единственное измерение с положительным метрическим коэффициентом g_0. Его метрика сигнатуры (+---…-) в общем случае имеет вид:

$$dS^2 = g_0(dx^0)^2 - \sum_{1}^{n-1} g_i (dx^i)^2. \tag{1-11}$$

Пространство $R^n_{(1,n-1)}$ включает в себя собственно евклидово подпространство $R^{n-1}_{(n-1)}$. Интересным случаем является ситуация, когда это подпространство является однородным и изотропным в смысле определений 1-4 и 1-5. В этом случае метрику $R^n_{(1,n-1)}$ можно привести к виду:

$$dS^2 = g_0(dx^0)^2 - \sum_{1}^{n-1} (dx^i)^2. \tag{1-12}$$

Ось x^0 будем именовать *осью анизотропии*. В отличие от собственно евклидовых пространств анизотропность пространств вида $R^n_{(1,n-1)}$ вызывает их структуризацию – возникновение двухполостного светового конуса, ориентированного вдоль оси анизотропии. Наличие такого конуса является характерной геометрической особенностью таких пространств.

В рамках принятой сигнатуры в $R^n_{(1,n-1)}$ можно выделить область, задаваемую соотношением:

$$dS^2 = g_0(dx^0)^2 - \sum_{1}^{n-1} (dx^i)^2 > 0, \tag{1-13}$$

которая находится вне светового конуса, область:

$$dS^2 = g_0(dx^0)^2 - \sum_{1}^{n-1} (dx^i)^2 < 0, \tag{1-14}$$

которая находится во внутренних полостях светового конуса, и область, представленную гиперповерхностью светового конуса:

$$dS^2 = g_0(dx^0)^2 - \sum_{1}^{n-1} (dx^i)^2 = 0. \qquad (1\text{-}15)$$

Для удобства распространим традиционные наименования соответственно времениподобной, пространственноподобной области и светового конуса на пространства вида $R^n_{(1,n-1)}$. Частным случаем пространства $R^n_{(1,n-1)}$ является *пространство Минковского* (пространство-время STR), имеющее имеет четыре измерения. В этом случае метрику пространства $R^4_{(1,3)}$ сигнатуры (+- - -) можно записать в виде:

$$dS^2 = g_0(dx^0)^2 - (dx^1)^2 - (dx^2)^2 - (dx^3)^2. \qquad (1\text{-}16)$$

Здесь $g_0 = c^2$, $x^0 = t$, $g_1 = g_2 = g_3 = 1$. Координатная ось отрицательной анизотропии x^0 в физической интерпретации представляет время t, c – константа, равная скорости света в вакууме.

Для того, чтобы разобраться, что будет происходить в таких пространствах, необходимо доопределить понятие систем отсчета.

Системы координат (системы отсчета). Термин "система отсчета" далее будем использовать как синоним термина "система координат". На пространстве R^n системы координат K^p (здесь верхним индексом указана размерность системы координат, $p \leq n$) задаются следующим образом. Определяется точечный полюс O, координатные оси $x^0, x^1, x^2, x^3 \ldots x^p$, направление которых в пространстве задается системой линейно независимых векторов $e_1, e_1, e_2, \ldots e_p$, заданных в определенном порядке и образующими базис системы координат. Полагаем, что полюсом системы отсчета может служить как выделенная частица, так и некоторое событие. Совокупность полюса и связанного с ним базиса образует репер, который и формирует систему K^p. В этом случае положение каждой точки A в заданной системе координат K^p определяется набором ее координат $A = A(x^0, x^1, x^2, x^3, \ldots x^p)$.

Однако для целей настоящей работы такое определение системы отсчета оказывается недостаточным, так как оно не учитывает ее геометрические свойства, объединяющие координатные оси $x^0, x^1, x^2, x^3 \ldots x^p$, в единую геометрическую систему. В связи с этим далее будем рассматривать класс доопределенных систем координат, отличающихся от вышеописанных тем, что на них в обязательном порядке задается метрика вида (1-8). Когда мы хотим указать, что доопределенная система отсчета K^p содержит собственно евклидову метрику, будем ее обозначать как $K^p_{(p)}$. Если система отсчета содержит псевдоевклидову метрику, то будем отмечать это обозначением $K^p_{(q,r)}$. Каждая доопределенная система отсчета K^p порождает p-мерное пространство (подпространство) с соответствующей метрикой в виде линейной точечной оболочки, натянутой на базисные вектора этой системы координат.

Изложенный подход позволяет определить, может ли та или иная система отсчета $K^p_{(q,r)}$ быть задана на пространстве R^n. В частности, сразу видно, что система отсчета $K^4_{(4)}$ не может быть задана на пространстве $R^5_{(3,2)}$. В одном и том же пространстве R^n могут быть заданы системы координат, связанные с различными метриками. Так, на пространстве $R^n_{(1,n-1)}$ могут быть заданы одновременно собственно евклидова система координат $K^{n-2}_{(n-2)}$ и псевдоевклидова $K^2_{(1,1)}$.

Допустим теперь, что мы хотим преобразовать систему отсчета K^p в систему K^{p+1} путем дополнения ее новой координатной осью x^{p+1}. Чтобы это сделать, нам необходимо придерживаться следующих правил.

Утверждение 1-1. *Правила увеличения размерности системы координат*.

1. Любой вектор, заданный на новой координатной оси, должен со старыми базисными векторами образовывать линейно независимую систему.
2. Для "приклеивания" новой координатной оси x^{p+1} нужно указать метрику, на базе которой новая ось может быть объединена в единую геометрическую систему со старыми осями.
3. Не может служить координатной осью числовая ось с инвариантными значениями координат. Другими словами, если для каждой произвольно взятой пары систем отсчета K^{p+1} и $K'^{(p+1)}$ координаты некоторой точки по этой оси остаются тождественными: $x^{p+1} \equiv x'^{(p+1)}$, то такая ось координатной не является.

Среди преобразований системы координат, не связанных с изменением ее размерности, будем преимущественно использовать непрерывные преобразования, в ходе которых метрика системы координат не меняется (сохраняется геометрия пространства). Как известно, такими преобразованиями являются поворот и параллельный перенос. Под непрерывными преобразованиями будем понимать преобразования, при которых для любой пары последовательных положений 1 и 2 системы отсчета всегда можно указать ее промежуточное положение, которое может быть достигнуто тем же преобразованием и из того же начального положения.

В системе координат, с которой связана собственно евклидова метрика, направления между прямыми задается тригонометрическими углами, которые будем обозначать символом θ. В системах координат, с которыми связана псевдоевклидова метрика, направления между прямыми задаются гиперболическими углами, которые будем обозначать символами φ, Φ.

Вектора в пространствах вида $\mathrm{R}^n_{(1,n\text{-}1)}$, в том числе 4-х вектора в пространстве Минковского, будем преимущественно обозначать с использованием верхнего индекса μ, и в их координатном выражении будем использовать контравариантные компоненты.

Следует обратить внимание, что возможны два случая, при которых приращение некоторой координаты $\mathrm{d}x^i$ становится нулевым. Такая ситуация складывается, когда в пространстве R^n i-я координата объекта остается неизменной, и $\mathrm{d}x^i = 0$. В этом случае метрика и размерность пространства сохраняется. Возможна принципиально иная ситуация, когда рассматривается пространство пониженной размерности (i-я размерность исключается): $\mathrm{R}^n \to \mathrm{R}^{n-1}$. В этом случае $\mathrm{d}x^i \equiv 0$, и метрика (и природа) рассматриваемого пространства соответствующим образом меняются. Это различие нужно учитывать, особенно при рассмотрении понятия сопутствующего пространства (системы отсчета).

Редукция пространства (системы отсчета) к пространству (системе отсчета) пониженной размерности $\mathrm{R}^n \to \mathrm{R}^{n-1}$ дает возможность проявить структурные особенности данного пространства (системы отсчета).

Особенности взаимного положения систем отсчета, событий и частиц, движение, инвариантные интервалы и наблюдатели.

Определение 1-9. *Под* ***движением*** *частицы в пространстве R^n будем понимать такую ситуацию, когда этой частице сопоставляется более чем один набор отличающихся межу собой координат.*

Другими словами, движение частицы будет определяться тогда, когда в совокупности связанных с частицей наборов координат будет иметься хотя бы одна пара одноименных координат, таких, что их разность будет не равной нулю: $\Delta x^i \neq 0$, или в дифференциалах: $\mathrm{d}x^i \neq 0$.

Частным случаем движения является ситуация, когда такие наборы координат частицы упорядочиваются по некоторому признаку.

Определение 1-10. *Под* ***идентификационной кривой*** *частицы α будем понимать непрерывную линию, соединяющую множество событий C_1, C_2, $C_{3\ldots}$, связанные с нахождением данной частицы α в соответствующих точках пространства* R^n *(определяемых соответствующими наборами связанных с данной частицей координат).*

Определение 1-11. *Под* ***отношением следования*** *(причинностью)* ″(C_j,C_k) *будем понимать заданное на некотором пространстве* R^n *или области такого пространства инвариантное отношение между парой некоторых событий C_j и C_k, устанавливающее событие C_j как предшествующее, а событие C_k как последующее.*

Положим, что ″(C_j,C_k) = -″(C_k,C_j). Для псевдоевклидовых пространств при $\mathrm{d}t > 0$ значение ″>0, при $\mathrm{d}t < 0$ значение ″<0, при $\mathrm{d}t = 0$ значение ″$= 0$ (причинность отсутствует).

Определение 1-12. *Под* ***траекторией*** *частицы α будем понимать такую идентификационную кривую в пространстве R^n, заданную в системе координат K^p, $p<n$, события которой C_1, C_2, $C_{3\ldots}$ упорядочены с помощью заданного отношения следования* ″.

Определение 1-13. *Под* ***мировой линией*** *частицы α будем понимать ее траекторию в пространстве* R^n, *определенную по всем n координатам системы отсчета K^n.*

Другими словами, мировая линия частицы α есть упорядоченная с помощью отношения ″ последовательность событий с данной частицей. В своей системе отсчета K^n мировая линия будет иметь фиксированное положение, т.е. всегда будет стационарна. Будем говорить, что мировая линия развернута вдоль определенной координатной оси, когда имеет место взаимно однозначное соответствие между каждой точкой мировой линии и ее координатой по этой оси. Полагаем, что любая частица не может одновременно двигаться в нескольких несовпадающих направлениях. Следовательно, ее мировая линия представлена единственной ветвью, т.е. она не имеет ветвлений. В общем случае не для всякой частицы может быть задана ее мировая линия. В связи с этим все частицы в пространстве R^n можно разбить на три класса: первый - включающий частицы с определенной мировой линией, второй – частицы, мировые линии которых стянуты в точку (будем говорить, что в этом случае их мировые линии *вырождены*), и третий – частицы, для которых мировые линии неопределены. Далее преимущественно будут рассматриваться частицы, для которых можно определить их мировые линии. Важным отличием события от частицы с геометрической точки зрения является то, что отдельное событие всегда неподвижно в своей системе отсчета, в то время как частица в этой системе координат может свое положение менять, прочерчивая при этом в пространстве R^n мировую линию.

При исследовании процессов движения для нас больший интерес будет представлять частный случай интервала, отличающийся от общего случая тем, что события C_j и C_k связаны с одной и той же частицей.

Определение 1-14. *Будем говорить, что на пространстве R^n (или подпространстве R^p) задан α-**интервал** Δs между двумя событиями C_j и C_k, если оба эти события принадлежат мировой линии (или траектории) одной и той же частицы α.*

Очевидно, что α-интервал является Δs частным случаем общего понятия интервала ΔS, введенного определением 1-7.

Определение 1-15. *Будем говорить, что на пространстве R^n (или подпространстве R^p) имеет место α-**инвариантность**, если любой α-интервал является инвариантным интервалом на этом пространстве.*

Необходимо отметить, что можно дать определение движения, отличающееся от определения 1-9, через α-интервал частицы.

Определение 1-16. *Под **движением** частицы в пространстве R^n будем понимать ситуацию, когда существует такой α-интервал частицы Δs, что выполняется соотношение:*

$$\Delta s^2 \neq 0. \qquad (1\text{-}17)$$

Это определение движения эквивалентно определению 1-9 для собственно евклидовых пространств. Однако ситуация существенно меняется в пространствах с индефинитной метрикой $R^n_{(q,r)}$. В этом случае отличия декартовых координат уже недостаточно для выполнения соотношения (17). α-интервал частицы Δs может быть равен нулю и при отличающихся между собой наборах ее координат, если такие наборы сохраняют баланс отрицательной и положительной части метрики:

$$\sum_{i=q}^{n-1} g_i\,(\Delta x^i)^2 / \sum_{i=0}^{q-1} g_i\,(\Delta x^i)^2 = 1. \qquad (1\text{-}18)$$

При сохранении этого баланса между отрицательной и положительной частями метрики квадрат α-интервала Δs оказывается равным нулю (движение отсутствует), даже если наборы декартовых координат частицы между собой отличаются. Нарушение баланса (18) можно считать признаком движения в пространствах с индефинитной метрикой в смысле определения 1-16.

Выделим определенные ситуации, связанные с относительным положением частиц и событий в пространстве.

Определение 1-17. *Будем говорить, что частица α находится в состоянии **частичного покоя** в некоторой системе отсчета K^p, заданной на пространстве R^n, в том случае, если для ее координат в этой системе отсчета выполняется условие:*

$$dx^i = 0,\ i = 1,2,\ldots p,\ \ p < n. \qquad (1\text{-}19)$$

*Под состоянием (пространственного) **покоя** частицы в системе координат K^n будем понимать выполнение соотношения*:

$$dx^i = 0,\ i = 1,2,\ldots,n\text{-}1. \tag{1-20}$$

Состояние пространственного покоя есть состояние с нулевым пространственным импульсом в выбранной системе отсчета. В этом состоянии пространственные координаты частицы не меняются, но при этом временная координата x^0 может изменяться.

Под состоянием ***абсолютного покоя*** *частицы в пространстве R^n будем понимать состояние, при котором соотношение* $dx^i = 0,\ i = 0,1,2,\ldots,n\text{-}1$ *выполняется в любой системе координат, заданной на этом пространстве.*

В состоянии абсолютного покоя частице ставится в соответствие только один фиксированный набор ее координат в соответствующей системе отсчета, т.е. ее мировая линия стягивается в точку. В этом состоянии утрачивается различие между понятиями частицы и точечного события. Частица в этом состоянии полностью неподвижна, причем под движением в данном случае понимаем движение в смысле определения 1-9.

Определение 1-18. *Систему отсчета $K^{\prime p}$ будем именовать* ***сопутствующей****, если исследуемая частица α находится в ней в состоянии любого вида покоя.*

Сопутствующей система отсчета может быть как по одной или нескольким координатам, так и по всем ее координатным осям.

Определение 1-19. *Под* ***процессом,*** *развивающимся в пространстве R^n, будем понимать совокупность развернутых вдоль одной из координатных осей (вдоль оси анизотропии, в физической интерпретации - во временном измерении) направленных и связанных между собой изменений объекта (частицы).*

При изучении пространств с частицами под изменениями будем понимать различие во взаимном положении частиц в зависимости от их положения относительно оси анизотропии. Нетрудно видеть, что в соответствии с данным определением процессы могут развиваться только в областях пространства, в которых определено инвариантное отношение следования, т.е. значение $''$ $\neq 0$ и $''$ = inv. Соответственно в областях пространств, в которых отсутствует причинность (т.е. $''$ = 0) процессы развиваться не могут.

Определение 1-20. *Под* ***наблюдателем*** *N будем понимать объект (для упрощения будем полагать, что он имеет точечные размеры и идентифицируется как частица со специальными свойствами), способный реализовать процесс наблюдения за объектами, в том числе частицами, и измерения значений параметров таких объектов.*

Под *наблюдаемыми* величинами будем понимать такие величины, в отношении которых наблюдатель *N* может реализовать процесс непосредственного наблюдения. Под *измеряемыми* будем понимать такие величины, в отношении которых *N* может тем или иным способом реализовать процесс ее измерения. В качестве примера можно привести длину стержня, которая является измеряемой и наблюдаемой величиной. Интервал времени является *измеряемой* (в частности с помощью часов), но *ненаблюдаемой* величиной.

Наблюдение является процессом, так как оно всегда связано с развернутым во времени взаимодействием наблюдателя и объекта наблюдения.

Определение 1-21. *Под* ***наблюдаемыми пространствами*** *или их* ***областями*** *будем понимать пространства или их области, в которых можно определить наблюдателя, способного реализовать в нем процесс наблюдения.*

В противном случае будем говорить о ненаблюдаемости пространства или его области. Как будет показано ниже, в общем случае пространство может содержать отдельные наблюдаемые и ненаблюдаемые области.

В рамках данной работы удобно термин вырожденное (невырожденное) пространство использовать в следующем, отличающемся от обычного, смысле.

Определение 1-22. *Пространство R^n будем именовать* ***вырожденным****, если в любой системе отсчета, заданной на этом пространстве, мировая линия любой частицы стянута в точку.*

В противном случае будем говорить, что пространство невырожденное. В вырожденном пространстве R^n в любой координатной системе K^n для любой частицы всегда выполняется соотношение: $dx^i \equiv 0$, $i = 0,1,2,\ldots,n$-1. В соответствии с этим любой α-интервал $ds \equiv 0$. Обратное утверждение, вообще говоря, неверно. Все частицы в вырожденном пространстве находятся в состоянии абсолютного покоя, а все системы отсчета являются сопутствующими.

(продолжение следует)

Литература:

1. *Zeh H. D*. The Physical Basis of the Direction of Time (Berlin: Springer, 2007)
2. *Тейлор Э. Ф., Уилер Дж. А*. Физика пространства-времени (М.: Мир, 1971) [Taylor E F, Wheeler J A Spacetime Physics (San Francisco and London: W. H. Freeman 1966)].
3. *Уитроу Дж*. Естественная философия времени (М.: Едиториал УРСС, 2003)[Whitrow G. J. The Natural Philosophy of Time (London and Edinburgh: Tomas Nelson and sons Ltd, 1961)].
4. *Fraser J. T*. Of Time, Passion and Knowledge (Prinston: Prinston University Press, 1990).
5. *Davies P. C. W*. About Time: Einstein.s Unfinished Revolution (London: Viking, 1995).
6. *Рейхенбах Г*. Философия пространства и времени (М.: Едиториал УРСС, 2003).
7. *Хокинг С., Млодинов Л.* Кратчайшая история времени (СПб.: Амфора, 2006).
8. *Левич А. П.,* в сб. На пути к пониманию феномена времени: конструкции времени в естествознании. Часть 3 (Под ред. А П Левича)(М.: Прогресс-традиция, 2009).
9. *Аксенов Г. П*. Причина времени (М.: Эдиториал УРСС, 2000).
10. *Эйнштейн А*. Работы по теории относительности. (СПб.: ТИД Амфора, 2008).
11. *Ландау Л. Д., Лифшиц Е. М*. Теория поля (М.: Наука, 1988).
12. *Лошак Ж*. Геометризация физики (Ижевск: R&C Dynamics, 2005).
13. *Уэллс Г*. Избранные произведения (Т.: Узбекистан, 1985).
14. *Киттель Ч. Найт У, Рудерман М*, Механика (М.: Наука, 1971).
15. Замечательные ученые /Сб. под ред. С.П. Капицы (М.: Наука, 1980).
16. *Козырев Н. А*. Октябрь, **7**. 183-192 (1964).
17. *Николенко А.Д.* // Физика сознания и жизни, космология и астрофизика **1** 51 (2005).

Статья поступила в редакцию 17.01.2014 г.

Nikolenko O.D.

On the reasons and features of the current of time in pseudoeuclidean spaces

Institute for Time Nature Explorations
e-mail: alniko@ukr.net

Theoretical bases of the Temporology, connected with a substantiation of the reasons of occurrence of a phenomenon of a current of time are considered. Features of a current of time in flat pseudoeuclidean spaces are investigated. Connection of the offered approach with a problem baryon asymmetry of the Universe is shown. Possibility of existence within the limits of the offered model invisible objects which can be interpreted as clots of "a dark matter" is proved.

Keywords: temporology; time current; baryon asymmetry of the Universe; a dark matter.